DETECCION DE EFECTO CORONA EN AISLAMIENTOS DE MEDIA Y ALTA TENSION

1º Congreso Uruguayo de Mantenimiento, Gestión de Activos y Confiabilidad, URUMAN 2005

Montevideo – Uruguay

Ing MARCOS ANDRADE RAFFO
Ing ARIEL LIPTCHING
Ing MARIA EUGENIA GOMEZ

RESUMEN

Se describe uno de los modos de falla más comunes del aislamiento de media y alta tensión, que comienza con la presencia de efecto corona. Este modo de falla se ha incrementado en los nuevos aislamientos y ha producido una vuelta atrás en el uso de algunos compuestos que podían disminuir la confiabilidad de la instalación.
Ante esta dificultad, se ha desarrollado una nueva tecnología en la detección de corona, la que ha comenzado a utilizarse en los últimos años. Se describe brevemente el origen de los efluvios, y la teoría de este nuevo método predictivo. Fundamentalmente se resalta su utilización en nuestro país desde hace aproximadamente dos años.

1. INTRODUCCION

Las técnicas actuales, de mantenimiento basado en la condición, evolucionan en forma permanente en busca de procedimientos que permitan aumentar simultáneamente la disponibilidad y confiabilidad de las instalaciones.
Esto implica una amplia tendencia al aumento de las técnicas predictivas y al desplazamiento de las actividades preventivas o de sustitución y reparación periódica.
Por otra parte estamos asistiendo a un aumento mundial de la preocupación por la seguridad de las personas que operan las instalaciones, razón por la cual los pasos que conducen a este objetivo primario deben encaminarse cuidadosamente.
En los últimos veinte años ha habido un constante desarrollo de la tecnología de instalaciones de alta tensión. Este hecho es particularmente significativo cuando nos referimos al aislamiento de equipos de media y alta tensión debido al incremento en el uso de aislantes epóxicos y poliméricos. Estos aislantes demostraron ser muy sensibles a descargas superficiales, que, si bien constituía uno de los modos de falla convencionales, poseía una incidencia menor en aislantes más resistentes
A partir de investigaciones iniciadas por el EPRI, se ha desarrollado un nuevo método de detección de corona, que consistente en medir la radiación ultravioleta producida en una ventana de frecuencia definida por la zona, donde la radiación ultravioleta solar es filtrada por la atmósfera. De esta forma, pueden visualizarse los efluvios aún con luz diurna.
El artículo describe básicamente el equipo utilizado, las bases teóricas del método de detección y muestra algunos ejemplos de aplicación en subestaciones y líneas aéreas desde 6 a 500 kV en nuestro país.
Los ejemplos resaltan también la utilidad de la nueva herramienta también cuando es aplicada a aislamientos tradicionales, cadenas de aisladores de porcelana o aislamiento de motores.

2 EL EFECTO CORONA

Las descargas por efecto corona se producen en la proximidad de la superficie de los materiales cuando la intensidad de campo eléctrico "E" posee un valor tal que supera la rigidez dieléctrica del aire.
Los mencionados efluvios eléctricos comienzan cuando un electrón libre es acelerado a través de un gas por acción del campo eléctrico.
Un electrón acelerado por el campo eléctrico puede adquirir energía suficiente para provocar la aparición de nuevos electrones libres, mediante su colisión con átomos del gas. Dicho proceso se llama ionización por impacto de electrón.
También se produce la foto-ionización, en la cual un fotón proveniente de una fuente distante impacta con un átomo, entregando una cantidad de energía tal que permite la liberación de un electrón y la creación de un ion positivamente cargado.
Los electrones así liberados se desplazan a través del aire, siendo acelerados por acción del campo eléctrico, y pueden colisionar con átomos de nitrógeno, oxígeno y otros gases presentes.
La mayoría de las colisiones son de tipo elásticas y los electrones pierden sólo una pequeña parte de su energía cinética en cada una de esas colisiones.
Ocasionalmente, un electrón puede impactar a un átomo con la energía suficiente para excitarlo. Cuando esto sucede el átomo adquiere un nivel de energía superior: uno o más de sus electrones pasan a un nivel orbital superior, por lo que el electrón que lo impactó pierde parte de su energía cinética al crear dicho estado.
Más tarde, el conjunto de átomos excitados volverá a su estado normal, irradiando este exceso de energía en forma de luz, calor y ruido audible. Esta liberación de energía corresponde a la emisión de radiación electromagnética.
Asimismo, un electrón puede impactar con un ion positivamente cargado, neutralizándolo. Este proceso se denomina recombinación y también produce liberación de energía o emisión de radiación.
Durante la mayor parte de su viaje el electrón no produce ionización, colisiona con los átomos que están en su camino en forma elástica y pierde sólo una pequeña parte de su energía cinética.
El electrón puede sufrir otros dos procesos de pérdida de energía cinética: difusión y 1captura.
El proceso de difusión se produce en forma permanente, los electrones se desplazan desde zonas de mayor concentración hacia las zonas de menor concentración.
Por otra parte, cuando un átomo neutro captura a un electrón se crea un ion negativamente cargado y se libera energía, se emite radiación. Este ion es una partícula relativamente inmóvil y voluminosa, por lo que no ionizará el gas por colisión, salvo en casos de energía sumamente elevada.

3 DETECCION DE DESCARGAS CORONA

El efecto corona es la emisión de radiación, la cual en el rango Ultra Violeta posee longitudes de onda que van desde los 230nm hasta los 405nm.

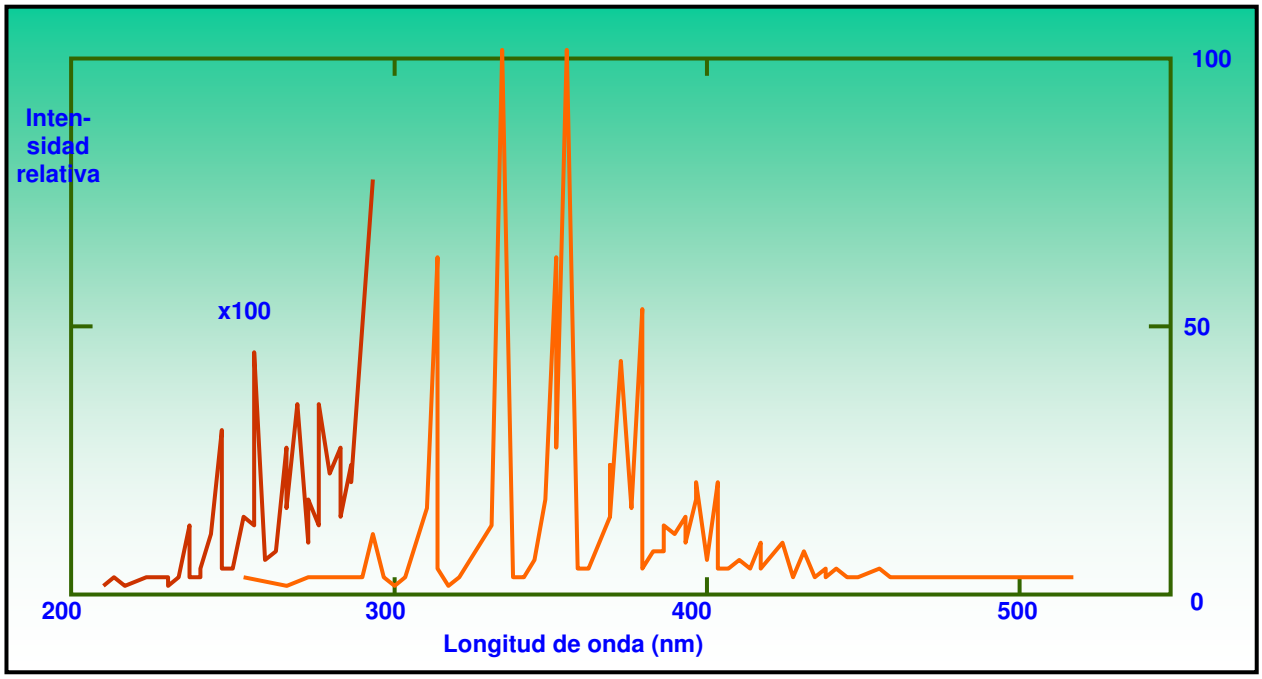

Fig. 1 - Espectro de la radiación emitida por el efecto corona

La radiación emitida por el efecto corona, cuya longitud de onda se encuentra dentro del rango de la radiación visible, tiene una intensidad mucho menor a la de la radiación que se recibe del sol y, por lo tanto, resulta invisible al ojo humano durante el día.

La tecnología desarrollada por Ofil Ltd., permite la detección del efecto corona a plena luz solar: mediante un filtro especialmente diseñado se logra eliminar toda la radiación que está fuera del rango de los 240 a 280nm.

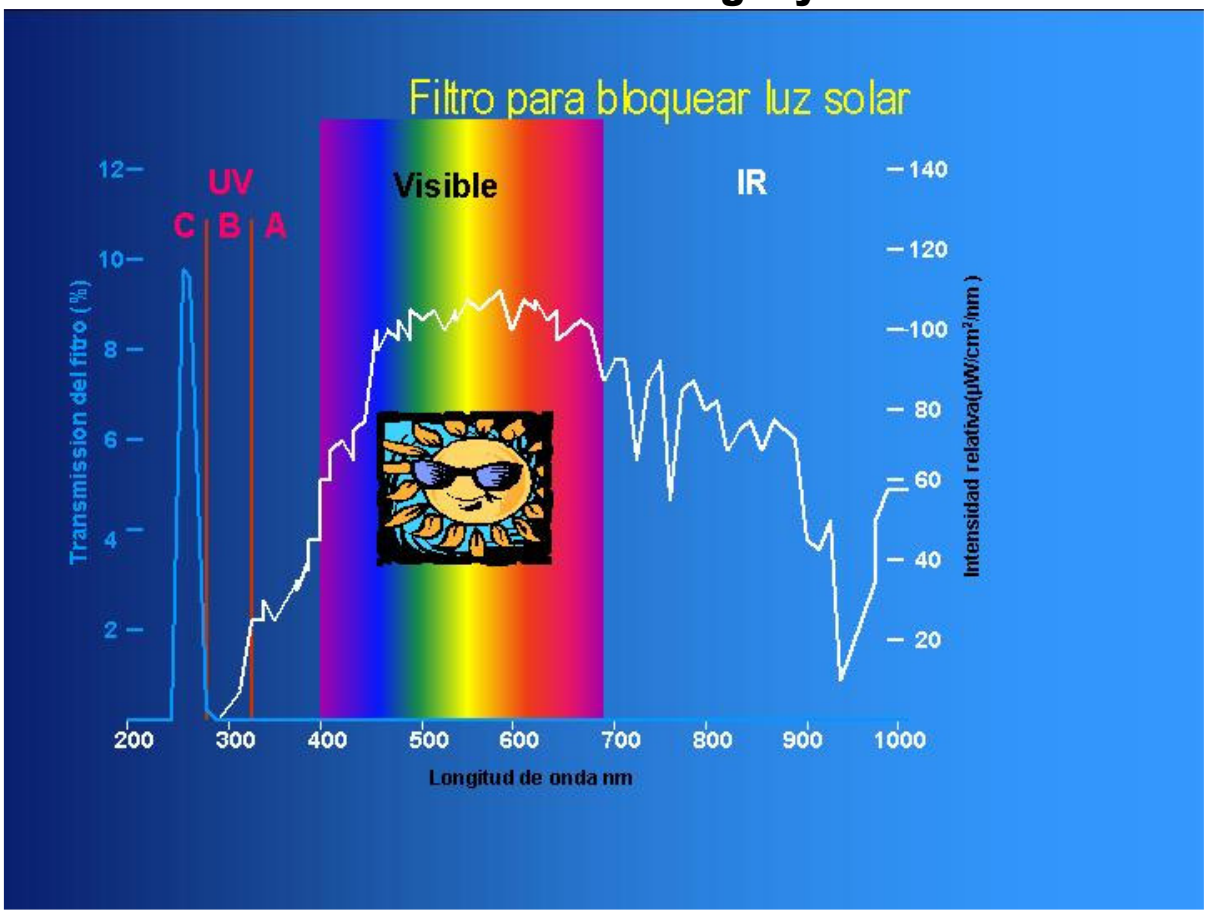

Fig. 2 - Espectro de la radiación solar superpuesto con el espectro de la radiación del efecto corona.

El sistema posee dos canales de detección que funcionan simultáneamente y constituyen la llamada tecnología biespectral desarrollada por Ofil Ltd., uno para la imagen visible y otro a través del cual se filtra la radiación incidente, pudiendo observarse así sólo la radiación debida al efecto corona. Este segundo canal de detección posee un amplificador para hacer apreciable dicha radiación.
Finalmente, ambas imágenes se superponen y puede identificarse con claridad el objeto que está produciendo el efecto corona.

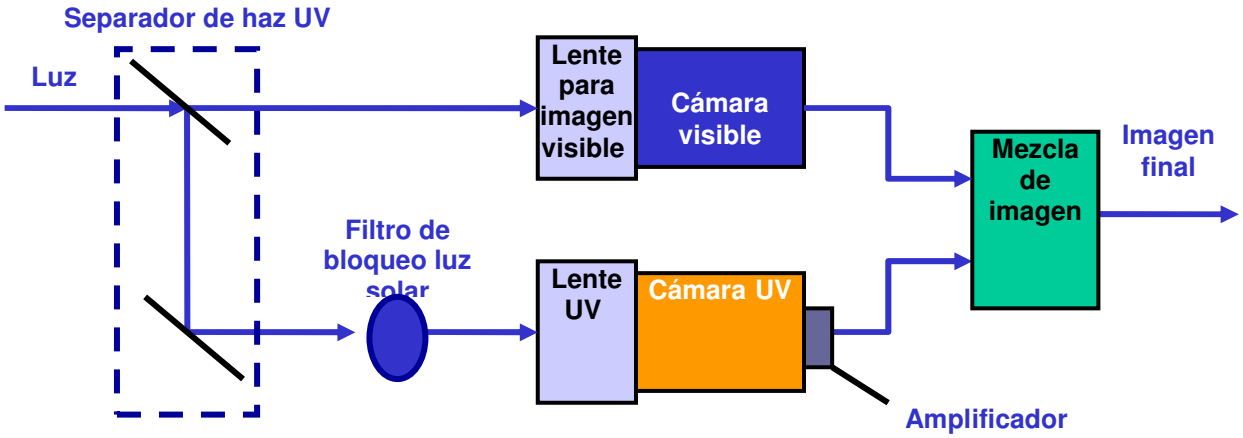

Fig 3. Diagrama de bloques

El efecto corona es un indicador de posibles fallas, inminente disparo o salida de servicio de la línea o subestación, daños físicos en los componentes, degradación de los aisladores, instalación inapropiada, falta de anillos corona, lavado no efectivo, pérdidas de energía, etc.
Asimismo, el efecto corona puede producir interferencia de radio y ruido audible. Por todos estos motivos, es de suma importancia su apropiada detección y corrección.

Cabe destacar que cualquier instalación eléctrica puede diseñarse y montarse de manera tal de ser absolutamente libre de efecto corona.

Para lograr un ambiente libre de efecto corona se requiere un apropiado diseño de la instalación, selección del equipamiento adecuado de acuerdo con el nivel de tensión (aisladores, conductores y equipos de maniobra), realización de pruebas e inspecciones, tanto en fábrica como en el sitio e inspecciones periódicas.

Las principales ventajas de la inspección con sistema de detección de efecto corona - cámara con tecnología biespectral - son las siguientes: permite encontrar defectos evitando acercarse riesgosamente a elementos con tensión, tanto desde el suelo como con helicóptero, es no invasiva y rápida, permite la documentación, puede hacerse a cualquier hora, permite ensayos de laboratorio sin la necesidad de costosos oscurecimientos y es más sensible que la visión nocturna.

4 INSPECCIONES REALIZADAS EN NUESTRO PAIS

Hemos seleccionado algunos casos de inspecciones para detección de corona, realizadas en nuestro país en los últimos dos años. Se ha tratado de mostrar distintos casos que correspondan a distintos fenómenos, o distintas causas, independientemente de la gravedad de las mismas.
Las inspecciones se puede realizar de forma rutinaria inspeccionando de forma periódica las instalaciones, o la inspección ser disparada por alguna condición, por ejemplo el comienzo de corona audible dentro de una celda de media tensión, pero no visible, ni siquiera en la oscuridad, por lo que no puede reconocerse el origen de la descarga.
En general si se deja evolucionar la descarga hasta un nivel de corona visible el deterioro del equipo puede ser tal que implica sustitución o, en el mejor de los casos reparación.

4.1 Aisladores y equipo con aislamiento sólido

Aislador de epoxy en atmósfera húmeda que muestra un muy elevado índice de descargas corona. Los aislamientos realizados con resinas epóxicas, se realizan impregnando el equipo al que se realiza vacío en un equipo en el que se introduce la resina, con las sustancias acelerantes, colorantes etc y generalmente utilizando para relleno un elemento inerte por ejemplo arena. Como forma usual de control del aislamiento se realizan ensayos de descargas parciales que tienden a comprobar el estado de burbujas de aire internas, en cantidad y tamaño. Estas burbujas podrían producir descargas internas (descargas parciales).
Respecto al campo eléctrico superficial, generalmente, a partir del diseño del aislador o equipo en general que se esté diseñando, se estudian las líneas de campo, utilizando por ejemplo métodos de componentes finitos.
Durante la operación y en un efecto combinado de humedad y contaminación superficial, las líneas de campo se deforman. Esta acumulación de contaminación superficial distorsiona el campo eléctrico creando superficies aleatorias. Si aumenta el campo eléctrico, aumenta la energía de desplazamiento de los electrones hasta llegar a una acumulación de energía capaz de producir efluvios, que no finalizan como descargas completas debido a que la disminución del campo eléctrico, no uniforme, hace que la partícula se desacelere y se extinga la descarga iniciada.
Estos efluvios van aumentando el deterioro superficial y el material va perdiendo sus aglomerantes cuando los efluvios evolucionan en descargas, lo que provoca cambio del color superficial del aislante, tendiendo en algunas ocasiones al blanco al comenzar a aparecer el relleno de arena, el que a su vez contribuye a la extensión de la zona de la descarga.
Si este efecto no es detectado a tiempo, comienzan a producirse pequeños caminos carbonizados, los que pueden llegar al cabo de algunos meses a producir una falta.
El comienzo de la descarga por elevado campo eléctrico puede producirse del lado de la fase o del lado de tierra indistintamente, dependiendo fuertemente de la geometría de los elementos metálicos involucrados y en consecuencia de su influencia en los perfiles de campo.

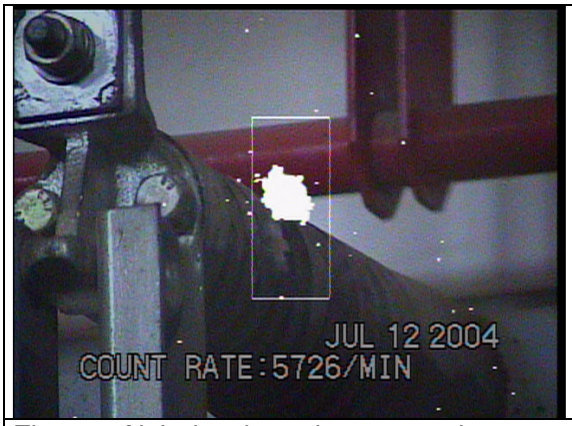

Fig. 4 – Aislador de resina epoxy de seccionador de 30 kV

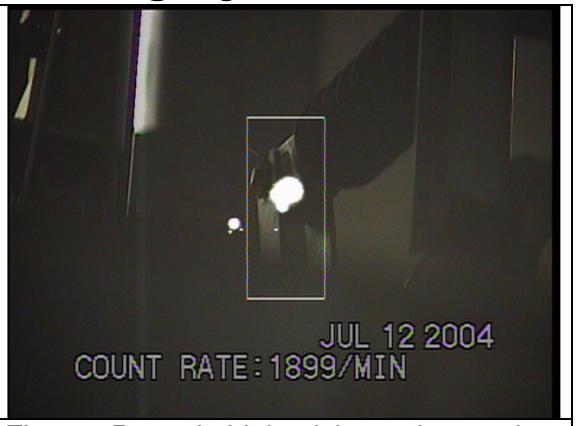

Fig. 5 – Base de biela aislante de mando de seccionador de 30 kV

Fig. 6 – Terminales de cable de 30 kV, puesta a tierra de pantallas

Fig. 7 Biela aislante de seccionador de 30 kV.

Fig. 8 Aislador de plato de cadena de 150 kV

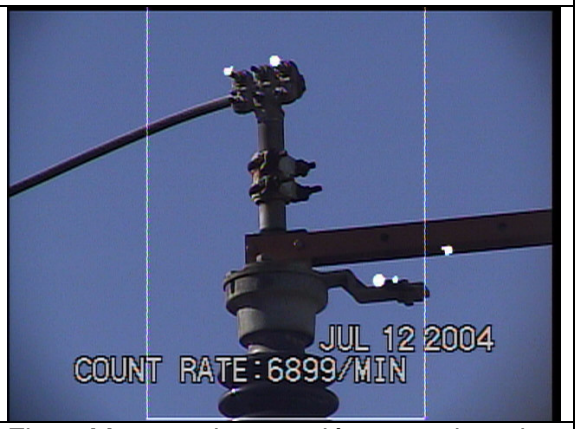

Fig. 9 Morseto de conexión a seccionador de 150 kV y contacto de seccionador de puesta a tierra

4.2 Cables de potencia

Un fenómeno similar ocurre con los terminales de cables de potencia. Nuevamente los efluvios pueden comenzar por la zona cercana a borne con tensión del terminal o del lado de masa, en la pantalla del cable.
La geometría del trabajo de la pantalla, finalizado en sitio, algunas veces de forma rápida es un lugar propicio para la existencia de campos eléctricos irregulares y posiblemente de alto valor (terminaciones con extremos agudos). Si el problema aumenta y comienza la generación de descargas superficiales, llega a un punto donde, en algunas ocasiones el fenómeno, ya avanzado, puede detectarse mediante termografía infrarroja.
Cabe señalar que en este caso, si se encuentra el problema antes de que se produzca la falla, se resuelve de forma sencilla sustituyendo los elementos aislantes exteriores del terminal. En caso contrario ocurrirá un cortocircuito.
La reparación debe constituir en algo más que reconstruir el terminal, debido a que si no se resuelve el problema del elemento conductor que inicia las descargas corona, al cabo de un tiempo el problema se volverá a repetir y aparecen entonces terminales que deben ser reparados periódicamente, por no atacarse la causa principal, que es conocer el lugar de inicio de la descarga.

4.3 Morsetos

La morsetería de alta tensión está normalmente dimensionada para lograr un valor controlado de radiación electromagnética, que interfiere las comunicaciones y por lo tanto está limitada pos las normas y los ensayos correspondientes.
Sin embargo es frecuente que durante la instalación, colillas largas o bulonería mal instalada suela generar descargas corona.
En este caso el daño puede ser producido en materiales ferrosos tratados superficialmente, como ser zincado, debido a que la descarga va deteriorando el metal de protección y finaliza finalmente en piezas atacadas por el óxido de hierro.

4.4 Láminas aislante separadoras y mandos mecánicos aislados

La misma situación se produce en materiales utilizados como mamparas de aislamiento o elementos aislantes que se utilizan para la transmisión del movimiento a piezas metálicas con tensión, en seccionadores y disyuntores. Nuevamente la generación de corona, que comienza en las zonas de mayor campo eléctrico (uno de los dos extremos) comienza a deteriorar al aislante, formando caminos superficiales, que al transcurrir del tiempo y carbonizados, finalmente producen al arco eléctrico completo llevando al sistema a la falla.

4.5 Aisladores de vidrio o porcelana

La fractura del vidrio o porcelana debido a esfuerzos inadecuados, golpes, bandalismo, deterioro de herrajes puede provocar un fenómeno similar por descargas de baja energía debidas a variación de campo en elementos de diferentes constantes dieléctricas y a medios con distinta rigidez dieléctrica.

5 CONCLUSIONES

La aparición de nuevas tecnologías en materiales, en este caso fundamentalmente dieléctricos aumenta la frecuencia de algunos modos de falla, lo que implica desarrollo de nueva tecnología en elementos detectivos. La detección de corona utilizando la cámara de detección de emisión ultravioleta ha mostrado ser una herramienta práctica y efectiva.
La detección de corona se produce en un momento donde es posible tomar acciones de diferentes tipos, evitando faltas en la red y posibilitando muchas veces eliminar sus efectos mediante acciones simples.

Ing Ariel Liptching – ARTEC Argentina al@artencing.com.ar
Ing María Eugenia Gómez – ARTEC Argentina egb@artecing.com.ar
Ing Marcos Andrade – ALFEX SA mandrade@ieee.org